

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-274118

(43)Date of publication of application : 21.10.1997

---

(51)Int.Cl. G02B 6/22  
G02B 6/18

---

(21)Application number : 08-335522 (71)Applicant : CORNING INC

(22)Date of filing : 16.12.1996 (72)Inventor : LIU YANMING

---

(30)Priority

Priority number : 95 573472 Priority date : 15.12.1995 Priority country : US

---

## (54) SINGLE MODE OPTICAL WAVEGUIDE FIBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To widen the effective area of operating wavelength windows respectively near 1300nm and 1550nm.

SOLUTION: This fiber consists of a core region which has a center line and radius along the longitudinal axis of the fiber and a refractive index reflection distribution and max. refractive index and a clad layer which encloses this core region and has the refractive index reflection distribution and max. refractive index  $n_C$ . In such a case, at least part of the refractive index distribution of the core region has the refractive index larger than  $n_C$ . The core region is characterized by the max. refractive index which is apart from the center line, the min. point of the refractive index distribution which exists near the center line and the central line which is the symmetrical axis of the refractive index distribution.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.06.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3223474

[Date of registration] 24.08.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-274118

(43) 公開日 平成9年(1997)10月21日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/22 6/18			G 0 2 B 6/22 6/18	

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平8-335522	(71) 出願人	390037903 コーニング インコーポレイテッド CORNING INCORPORATE D アメリカ合衆国 ニューヨーク州 コーニ ング (番地なし)
(22) 出願日	平成8年(1996)12月16日	(72) 発明者	ヤンミン リウ アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14845 ホースヘッズ グレンデイル ドライヴ 41
(31) 優先権主張番号	5 7 3 4 7 2	(74) 代理人	弁理士 柳田 征史 (外1名)
(32) 優先日	1995年12月15日		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 単一モード光導波路ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 単一モード光導波路ファイバにおいて、それぞれ、1300nmおよび1550nm付近の操作波長窓の有効面積を広くする。

【解決手段】 光導波路ファイバの縦軸に沿った中心線および半径を有し、屈折率分布および最大屈折率を有するコア領域と；コア領域を囲い、屈折率分布および最大屈折率 $n_c$ を有するクラッド層とからなる。コア領域の屈折率分布の少なくとも一部が $n_c$ よりも大きい屈折率を有する。最大屈折率が中心線から離れており、屈折率分布の最小点が中心線の近くに位置し、中心線が屈折率分布の対称軸であることによりコア領域が特徴付けられる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 単一モード光導波路ファイバであって、該光導波路ファイバの縦軸に沿った中心線および半径を有し、屈折率分布および最大屈折率を有するコア領域、および該コア領域を囲い、屈折率分布および最大屈折率  $n_c$  を有するクラッド層からなり、前記コア領域の屈折率分布の少なくとも一部が  $n_c$  よりも大きい屈折率を有し、該コア領域が、前記最大屈折率が前記中心線から離れており、該屈折率分布の最小点が前記中心線の近くに位置し、該中心線が前記屈折率分布の対称軸であることを特徴とする単一モード光導波路ファイバ。

【請求項2】 前記中心線の近くで最小屈折率の点から始まり、前記コア領域の屈折率分布の最大屈折率で終わる半径範囲を有する、前記コア領域の屈折率分布の一部が連続的であることを特徴とする請求項1記載の単一モード光導波路ファイバ。

【請求項3】 前記屈折率分布の前記一部が単調であることを特徴とする請求項2記載の単一モード光導波路ファイバ。

【請求項4】 前記コア領域の半径が約4ミクロンから約7ミクロンまでの範囲にあり、該コア領域の最大 $\Delta\%$ が約0.35%から約0.55%までの範囲にあり、前記中心線の近くの最小点の $\Delta\%$ が約0.20%未満であることを特徴とする請求項1記載の単一モード光導波路ファイバ。

【請求項5】  $\lambda_c$  が1300nm近くであり、1300nmでの  $A_{eff}$  が90平方ミクロン以上であり、1530nmから1565nmまでの波長範囲に亘り  $D_{eff}$  がMF D以上であることを特徴とする請求項1記載の単一モード光導波路ファイバ。

【請求項6】 単一モード光導波路ファイバであって、中心線を有し、第1および第2のセグメントからなるコア領域、および該コア領域を囲み、屈折率分布および最大屈折率  $n_c$  を有するクラッド層からなり、ここで、前記セグメントの各々が、屈折率分布、外側半径、および $\Delta\%$ を有し、前記第1のセグメントが中心線を含み、前記第2のセグメントが該第1のセグメントを囲い、該第1および第2のセグメントが対称軸として前記中心線を有し、前記セグメントのうちの少なくとも一方の屈折率分布の少なくとも一部が、 $n_c$  よりも大きい屈折率を有し、前記コア領域が、前記第1および第2のセグメントのうちの一方の屈折率分布の少なくとも一部が延長最小を有することにより特徴付けられ、前記光導波路ファイバが、1300nmで約90平方ミクロンよりも大きい  $A_{eff}$  および1550nmで約110平方ミクロンよりも大きい  $A_{eff}$  により特徴付けられる単一モード光導波路ファイバ。

【請求項7】 前記コア領域の第1のセグメントが実質的に一定の屈折率  $n_1$  を有し、前記第2のセグメントが

最大屈折率  $n_2$  を有し、 $n_2 > n_1$  であることを特徴とする請求項6記載の単一モード光導波路ファイバ。

【請求項8】 前記第2のセグメントの屈折率分布が台形であることを特徴とする請求項7記載の単一モード光導波路ファイバ。

【請求項9】 前記第1のセグメントの外側半径が1.5ミクロンから1.9ミクロンまでの範囲にあり、 $n_1$  が実質的に  $n_c$  と等しく、第2のセグメントの外側半径が約3.8ミクロンから約5ミクロンまでの範囲にあり、該第2のセグメントの屈折率差 $\Delta\%$ が0.25%から0.45%までの範囲にあることを特徴とする請求項8記載の単一モード光導波路ファイバ。

【請求項10】 単一モード光導波路ファイバであって、屈折率  $n_c$  のステップ型屈折率分布、屈折率差 $\Delta_1\%$  および半径  $r_1$  を有するコア領域、および該コア領域を囲み、 $n_c$  より小さい最大屈折率  $n_c$  を有するクラッド層からなり、 $\Delta_1\%$  が約0.25%から約0.30%までの範囲にあり、 $r_1$  が約5.5ミクロンから約6ミクロンまでの範囲にあり、1300nmでの  $A_{eff}$  が約90平方ミクロンよりも大きく、1550nmでの  $A_{eff}$  が約110平方ミクロンよりも大きいことを特徴とする単一モード光導波路ファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、有効面積  $A_{eff}$  が広い、通信用途の単一モード光導波路ファイバに関するものである。本発明は特に、1300nmおよび1550nmの両方の作用窓（operating window）で有効面積が広い単一モード光導波路ファイバに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】有効面積が広い単一モード光導波路では、自己位相変調、四波混光、交差位相変調（cross phase modulation）、および非線形散乱工程を含む非線形光効果が低減する。四波混光の場合には、ゼロ分散波長を置き換えることも重要である。これらの効果の各々により、高出力システムにおいて信号が劣化する。

【0003】散乱工程は一般的に、項  $\exp(cP/A_{eff})$  を含む方程式により表される（ここで、 $c$  は定数であり、 $P$  は信号パワーである）。この散乱工程は信号を劣化させる。他の非線形効果は、乗数として比率  $P/A_{eff}$  を含む方程式により表される。このように、 $A_{eff}$  が増加すると、光信号の劣化に対する非線形効果の寄与が減少する。

【0004】再生器を必要とせずに、長距離に亘る情報量を増加させるという通信業界における要求によって、単一モードファイバの屈折率分布を再評価することになった。

【0005】この再評価の焦点は、上述したような非線形効果を減少させ、光増幅器に匹敵し、低減衰、高強

度、疲れ抵抗、および曲げ抵抗のような光導波路の望ましい特性を維持する光導波路を提供することにある。この作業は、1550nmでの作用窓を含む波長範囲に焦点が当てられた。しかしながら、レーザ、光増幅器、受信機、送信機および再生器を含む多くの信頼性のある装置を1300nm付近で使用するために作られているので、この短い操作波長での非線形効果をさらに減少させる必要がある。

【0006】したがって、それぞれ、1300nmおよび1550nm付近の操作波長窓で有効面積が広い単一モード光導波路ファイバが必要とされている。

【0007】米国特許出願第08/378,780号に記載されているもののような以前の研究には、Bhagavatulaの米国特許第4,715,679号に最初に導入されたセグメントに分かれたコア設計の基本的な概念のいくつかが含まれている。上述した米国特許出願第08/378,780号に開示された部類のコア設計の有効面積 (effective area) が広い光導波路が発見された。クラッドの屈折率よりも小さい最小屈折率を有する少なくとも1つのコア領域を含む特定の形がこの出願に開示されている。

【0008】さらに、米国特許出願第08/287,262号には、光導波路ファイバの中心線から間隔のおかれた最大屈折率を有する屈折率分布の一群の特有の性質が開示されている。

【0009】ここに開示し、記載した新しい屈折率分布は、Bhagavatulaの米国特許第4,715,679号の別の変種である。基本的なセグメントに分かれたコアの概念が、この用途の新しいコア構造を提供するのに十分に適応性があることが証明された。この構造は、1300nmおよび1550nmの作用窓の両方で非線形効果を制限するように作成されている。

#### 【0010】定義

有効面積は下記の方程式により表される：

【0011】

【数1】

$$A_{eff} = 2\pi (\int E^2 r dr)^2 / (\int E^4 r dr)$$

【0012】ここで、積分範囲は0から $\infty$ までであり、Eは伝搬光に関連する電界である。

【0013】有効直径 $D_{eff}$ は $D_{eff} = 2(A_{eff}/\pi)^{1/2}$ として定義してもよい。

【0014】モード面積 (mode field area)  $A_{eff}$ は $\pi(D_{eff}/2)^2$ であり、ここで、 $D_{eff}$ は、 $2w = D_{eff}$ 、 $w^2 = (2 \int E^2 r dr / \int [dE/dr]^2 r dr)$ 、積分範囲が0が無限大までである、ピーターマンII (Peterman II)の方法を用いて測定したモード径 (mode field diameter) である。

【0015】屈折率分布セグメントの幅は、屈折率分布のそれぞれ始点および終点から、半径に対する屈折率のグラフの横軸まで引いた2本の垂線の間の距離である。

【0016】%屈折率デルタは下記の方程式により表さ

れる：

【0017】

【数2】

$$\% \Delta = [(n_1^2 - n_c^2) / 2 n_1^2] \times 100$$

【0018】ここで、 $n_1$ はコアの屈折率であり、 $n_c$ はクラッドの屈折率である。別記しない限り、 $n_1$ は% $\Delta$ により特徴付けられるコア領域の最大屈折率である。

【0019】一般的な屈折率分布には、異なる形状の関連実効屈折率分布がある。実効屈折率分布を、光導波路の性能を変えることなく、関連屈折率分布の代わりに用いてもよい。参照文献の「Single Mode Fiber Optics」Marcel Dekker社、Lus B. Jeunhomme、1990、32頁、セクション1.3.2参照。

【0020】曲げ性能は、マンドレルの周りに光導波路ファイバを巻き付けることにより誘発される減衰を測定する、標準的な試験方法により定義する。標準試験には、32mmのマンドレルの周りに1巻、75mmのマンドレルの周りに100巻した光導波路ファイバの性能が必要である。許容される最大曲げ誘発減衰は通常、1300nmおよび1550nmの付近の作用窓内に特定される。

【0021】別の曲げ試験としては、曲げに対する光導波路ファイバの相対的な抵抗を比較するのに用いられるビンアレイ曲げ試験がある。この試験を行なうためには、実質的に曲げ損失が誘発されていない光導波路ファイバについて減衰損失を測定する。次いで、ビンアレイの周りに光導波路ファイバを編んで、再度減衰を測定する。曲げにより誘発された損失は、測定した2つの減衰の差である。ビンアレイは、1列に配列された10本1組の円柱状ピンであり、平らな表面に垂直に固定されている。ピンの間隔は中心から中心までが5mmである。ピンの直径は0.67mmである。試験中、十分な張力を施して、光導波路ファイバをピンの表面の一部に適合させる。

【0022】最小点は、屈折率分布の一部を示す。これはV型かまたは狭いU型をしている。最小点は、屈折率分布の部分の最低屈折率値である。

【0023】延長最小は、広いUまたはL型の屈折率分布の一部を示す。この延長最小は、屈折率分布の部分の最小値を通過する線である。

【0024】

【発明の概要】本発明の第1の形態は、その最大屈折率が光導波路の縦軸中心線から離れているコア屈折率分布を有する単一モード光導波路ファイバである。屈折率分布は、光導波路の中心線の近くに最小点を有し、この中心線の周りに対称的である。クラッド層がコアを囲んで、光導波路構造を完成している。コア屈折率分布の少なくとも一部が、最大クラッド屈折率よりも大きくなっており、この構造が光信号を適切に案内することを確実にしている。

【0025】この第1の形態のある実施例において、最

小点と最大の屈折率との間の屈折率分布部分は連続的な曲線である。好ましい実施例において、連続曲線は単調である。堆積工程におけるドーピングレベルの調節または固結工程における煤状ブランク雰囲気のコントロールのような、プレフォームからドーパントが中心から拡散することを補う技術が知られている。

【0026】この第1の形態に定義した一群の光導波路のパラメータは：約4ミクロンから約7ミクロンまでの範囲にあるコア半径；約0.35%から約0.55%までの範囲にある最大 $\Delta\%$ ；および約0.20%未満の最小点 $\Delta\%$ である。

【0027】この一群の光導波路は下記の特性を有している：1300nm近くの $\lambda_c$ ；1300nmでの $A_{eff} > 90$ 平方ミクロン；および約1530nmから約1565nmまでの波長範囲に亘る $D_{eff} > MFD$ 。

【0028】本発明の第2の形態は、光導波路の中心線の周りに第1および第2のセグメントが対称的に配置された単一モード光導波路ファイバである。各々のセグメントの範囲は、中心線から最後のセグメントの点までの半径により定義されている。 $\Delta\%$ が各々のセグメントに関連している。クラッド層がコアを囲み、最大屈折率 $n_c$ を有している。一方のセグメントの屈折率分布の少なくとも一部は、 $n_c$ よりも大きい。セグメントの少なくとも一方は、延長最小を有している。この新しい屈折率分布の一群により、 $A_{eff}$ が1300nmで約90平方ミクロンよりも大きく、1550nmで約110平方ミクロンより大きい光導波路ファイバが得られる。 $\lambda_c$ は1300nmに近い。

【0029】この新しい第2の形態の屈折率分布の好ましい実施例は、第1のコアセグメントが実質的に一定で屈折率 $n_1$ を有するものである。第2のセグメントは最大屈折率 $n_2$ を有しており、 $n_2 > n_1$ である。

【0030】本発明のこの第2の形態の最も好ましい実施例において、第2のセグメントの屈折率分布は台形である。実質的に一定の屈折率を有する第1のセグメントの外径は、約1.5ミクロンから約1.9ミクロンまでの範囲にあり、 $n_1$ は実質的に $n_c$ と等しい。第2のコアセグメントの外径は3.8ミクロンから5ミクロンまでの範囲にある。この第2のセグメントは、約0.25%から約0.45%までの範囲にある屈折率差 $\Delta_2\%$ を有している。

【0031】新しい分布の第3の形態は、屈折率 $n_0$ 、屈折率差 $\Delta_1\%$ 、および半径 $r_1$ のステップ型屈折率分布を有する単一モード光導波路ファイバである。周りのクラッド層の最大屈折率は $n_c$ であり、 $n_0 > n_c$ である。屈折率差 $\Delta_1\%$ は約5.5ミクロンから約6ミクロンまでの範囲にある。 $A_{eff}$ は、1300nmおよび1550nmにおいて、それぞれ、90平方ミクロンおよび110平方ミクロンである。 $\lambda_c$ は1300nmに近い。

【0032】2つの作用窓、すなわち、数百ナノメートル離れた2つの信号波長範囲を有する利点は：レートの

要求により第2の作用窓内で使用する必要があるまで、1つの窓のみでシステムを操作できること；実質的に失敗のない操作が必要とされる遠距離通信リンクの冗長システム（redundant system）として第2の窓が機能できること；およびピーク需要と平均需要との間のデータ伝送速度差が大きいシステムにおいて、第2の窓が第1の窓からのオーバーフローを取り扱うことができることである。

【0033】本発明は、高パワー密度システム、波長分割多重伝送システム、または光増幅器を組み込んだシステムにおいて生じ得る、非線形効果を最小にする特別な特性を有する二重窓光導波路ファイバを提供する。本出願の新規な光導波路ファイバは、1300nmおよび1550nmの両方の窓において広い有効面積を有している。

【0034】

【実施例】以下、図面に示す実施例を参照して本発明を詳細に説明する。

【0035】新しい光導波路コア分布の第1の実施例が図1に示されている。中心線近くの屈折率差1は小さく、典型的に約0.20%未満である。ドーパントレベルは、最大 $\Delta\%$ に到達するまで、曲線2に示されるように、半径とともに増大する。屈折率分布の最終部分4は、 $\Delta\%$ がゼロまで急激に降下することを示している。光導波路ファイバの特性に著しく影響を与えることなく、曲線4を変更できるいくつかの同等な屈折率分布がある。例えば、曲線4を外側に傾けて、約1ミクロンだけ半径を増加させたり、あるいは、曲線4および2の接合点を円くしてもよい。また、光導波路ファイバの特性に著しく影響を与えずに、曲線6により示したような、屈折率分布に小さな付属部を設けてもよい。このように、図1および図2は、1300nmでの有効面積が広い屈折率分布の一群を示している。図2の曲線8は、新しい屈折率分布の一群のいくつかを示している。ここでも曲線10は、必要とされる光導波路ファイバの特性を提供する屈折率分布の変種を示している。

【0036】図1および2の屈折率分布の利点は、ドーパントの総和が標準的なステップ型屈折率分布と比較して少ないことである。したがって、ドーパントの量に依存する減衰は、新しい光導波路ファイバにおいてはより少なくなる。

【0037】実施例1 最小点光導波路の特性

図1の実線で示した屈折率分布に関して、以下の特性がコンピュータモデルから計算される： $\lambda_c$ は1298nm；モード径は10.91ミクロン； $D_{eff}$ は11.22ミクロン； $A_{eff}$ は98.9平方ミクロン；遮断波長は1480nm；および総和 $GeO_2$ は2.58。

【0038】 $D_{eff}$ はモード径よりも大きく、 $A_{eff}$ は標準的なステップ型屈折率ファイバのものよりも約25%大きい。

【0039】比較のために、図1に示した半径、および

0.36%の $\Delta\%$ を有するステップ型屈折率ファイバは以下の特性を有している： $\lambda_c$ は1309nm；モード径は10.1ミクロン； $D_{eff}$ は9.97ミクロン； $A_{eff}$ は78平方ミクロン；遮断波長は1324nm；および総和 $G_{eO_2}$ は2.8。有効面積はより小さく、ゼロ分散 $\lambda_c$ は作用窓内にある。これは、波長分割多重伝送システムにおいては望ましくない特徴である。標準的なステップ型屈折率分布において総和 $G_{eO_2}$ が9%増加したことにより、レイリー散乱による光導波路減衰が大きくなる。新しい光導波路ファイバの屈折率分布の有効面積が大きいことと、\*10

表1

$\Delta\%$	半径 ミクロン	$A_{eff}@1300$ 平方ミクロン	$A_{eff}@1550$ 平方ミクロン	ピンアレイ @1550 dB
0.36	4.5	67	83	6.9
0.315	5.0	77	96	12.2
0.293	5.63	90	110	9.8
0.278	5.88	96	117	12.2

【0042】有効面積が大きくなると、曲げ抵抗も大きくなることが明らかである。 $\Delta\%$ を減少させて、半径を増大させることにより、明らかに有効面積が広がる。0.3%に近い $\Delta\%$ および5.6ミクロンに近い半径を有するステップ型設計は、許容できる曲げ抵抗を有し、 $A_{eff}$ が著しく改良されている。

【0043】光導波路の中心線から間隔のおかれた台形屈折率分布により、屈折率分布の設計がさらに融通性ができ、両方の波長窓で有効面積が広くなるとともに、曲げ性能が許容される。

【0044】新しい光導波路ファイバのこの実施例の一般的な形状を図3に示す。台形12が光導波路の中心線から離れている。台形のコア屈折率分布セグメントの内側※

※と外側の半径は、それぞれ24および22である。光導波路の中心線に隣接するコアセグメントの屈折率分布は実質的に平らであっても、曲線14で示したような形状を有していてもよい。曲線16により示されるように、台形をわずかに変更することにより、あるいは、同等の屈折率分布を見付けることにより、新しい光導波路に要求される特性を得てもよい。

【0045】表2は、新しい光導波路ファイバの台形の実施例のモデル化した値を示している。「半径」の項目において、最初の数字は台形の内側半径であり、2番目の数字はその外側半径である。

【0046】

【表2】

表2

$\Delta\%$	半径 ミクロン	$A_{eff}@1300$ 平方ミクロン	$A_{eff}@1550$ 平方ミクロン	ピンアレイ @1550 dB
0.367	1.7-4.5	94	110	9.8
0.337	1.78-4.98	104	120	14.4
0.320	1.85-5.23	112	130	14.2
0.344	1.7-3.91	104	120	9.5

【0047】1列と4列の分布の設計により、優れた特性が示される。これらの実施例は、必要な曲げ抵抗を維持しながら、非線形効果を制限する光導波路ファイバの必要条件を満たしている。

【0048】表1および2は、性能に関する所定の組の必要条件を満たす屈折率分布を効率的に同定するのにコンピュータモデルが必須であることを示している。表の行に示したように、個別の屈折率分布を比較することにより、屈折率パラメータがわずかに変動すると、光導波路の特性に大きな影響を与え得ることが分かる。したがって、試みなければならない多数の組合せと置換には、

光導波路ファイバの製造よりもコンピュータのモデル化が先行する手法が適している。

【0049】本発明の特定の実施例を開示してきたが、本発明は、以下の請求の範囲のみにより限定されるものである。

【図面の簡単な説明】

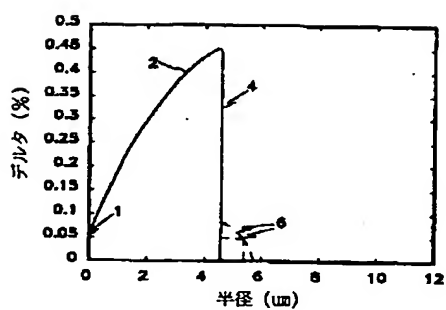
【図1】最小点を有する屈折率分布を示すグラフ

【図2】最小点を有する別の屈折率分布を示すグラフ

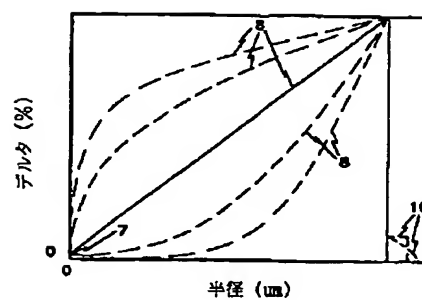
【図3】台形の屈折率分布を示すグラフ

【図4】新しい屈折率分布のステップ型屈折率の実施例を示すグラフ

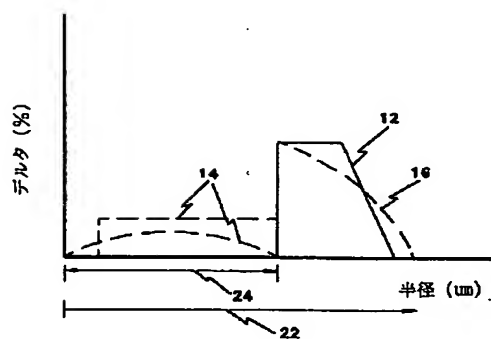
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

